МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____П.В. Сенченко
«23» _____12_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование и технология радиоэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Радиоконструкторский факультет (РКФ)**
Кафедра: **Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры (КИПР)**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2021 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Лабораторные занятия	28	28	часов
Курсовой проект	28	28	часов
Самостоятельная работа	96	96	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	216	216	часов
	6	6	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	6
Курсовой проект	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 23.12.2020
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 57586

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Изучение основных интегральных устройств радиоэлектроники.
2. Формирование способности моделировать объекты и процессы с использованием стандартных пакетов прикладных программ.

1.2. Задачи дисциплины

1. Ознакомление с тенденциями развития микро- и наноэлектроники.
2. Изучение моделей элементов и типовых технологических процессов интегральной электроники.
3. Формирование способности моделировать объекты и процессы с использованием стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследован.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Обязательная часть.
Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки (special hard skills – SHS).
Индекс дисциплины: Б1.О.03.06.
Реализуется с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	ОПК-1.1. Знает фундаментальные законы естественных наук и математики	Знает фундаментальные законы физики, химии и математики
	ОПК-1.2. Умеет анализировать проблемы, процессы и явления в области физики, использовать на практике базовые знания и методы физических исследований, а также умеет применять методы решения математических задач в профессиональной области	Умеет применять методы решения математических задач в анализе функционирования и проектировании интегральных устройств
	ОПК-1.3. Владеет практическими навыками решения инженерных задач	Владеет практическими навыками проектирования интегральных устройств
Профессиональные компетенции		

Согласована на портале № 57586

ПКР-1. Способен строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования	ПКР-1.1. Умеет строить физические и математические модели узлов и блоков приборов.	Умеет строить математические модели элементов интегральных устройств
	ПКР-1.2. Владеет навыками компьютерного моделирования.	Владеет навыками компьютерного моделирования интегральных устройств
ПКР-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПКР-3.1. Знает принципы конструирования отдельных узлов и блоков электронных приборов.	Знает принципы конструирования интегральных устройств
	ПКР-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных приборов.	Умеет проводить оценочные расчеты элементов интегральных устройств
	ПКР-3.3. Владеет навыками подготовки принципиальных и монтажных электрических схем.	Владеет навыками подготовки принципиальных схем интегральных устройств

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	84	84
Лекционные занятия	28	28
Лабораторные занятия	28	28
Курсовой проект	28	28
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	96	96
Написание отчета по курсовому проекту	39	39
Подготовка к тестированию	48	48
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	3	3
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	3	3
Написание отчета по лабораторной работе	3	3

Согласована на портале № 57586

Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	216	216
Общая трудоемкость (в з.е.)	6	6

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Введение	2	-	28	5	35	ОПК-1
2 Подложки	2	-		8	38	ОПК-1
3 Проводящие слои	2	-		8	38	ПКР-1, ОПК-1
4 Полупроводниковые слои	4	-		8	40	ПКР-1, ОПК-1
5 Диэлектрические слои	2	-		8	38	ПКР-1, ОПК-1
6 Литография	4	-		10	42	ПКР-1, ОПК-1
7 Модели полупроводниковых структур	2	-		8	38	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
8 Биполярные ИС	2	8		9	47	ПКР-1, ОПК-1, ПКР-3
9 ИС на полевых транзисторах	2	4		11	45	ПКР-1, ОПК-1, ПКР-3
10 ИС на GaAs	2	-		6	36	ПКР-1, ОПК-1
11 Элементы интегральной оптики	2	-		4	34	ПКР-1, ОПК-1
12 Акустоэлектронные устройства	2	16		11	57	ПКР-1, ОПК-1, ПКР-3
Итого за семестр	28	28	28	96	180	
Итого	28	28	28	96	180	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
1 Введение	Миниатюризация радиоэлектронных средств. Классификация ИС. Сущность технологии полупроводниковых ИС. Основные направления функциональной электроники	2	ОПК-1
	Итого	2	
2 Подложки	Разновидности подложек. Полупроводниковые материалы. Механическая обработка подложек. Очистка и травление подложек	2	ОПК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 57586

3 Проводящие слои	Назначение и материалы. Получение слоев физическими и химическими методам	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	
4 Полупроводниковые слои	Диффузия примесей. Ионное легирование. Эпитаксиальное наращивание. Гетеропереходы. Квантоворазмерные структуры	4	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	4	
5 Диэлектрические слои	Назначение и материалы. Методы получения. Параметры качества. Защитные слои	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	
6 Литография	Фотолитография. Повышение разрешающей способности фотолитографии. Электронолитография, рентгенолучевая литография, ионная литография. Импринтинг.	4	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	4	
7 Модели полупроводниковых структур	Сущность проектирования ИС. Модели полупроводниковых структур	2	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
	Итого	2	
8 Биполярные ИС	Базовые технологические процессы. Пассивные и активные элементы	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	
9 ИС на полевых транзисторах	Структура металл – диэлектрик – полупроводник. Полевые транзисторы с изолированным затвором. Конструктивно-технологическая реализация инверторов. Особенности топологии	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	
10 ИС на GaAs	Биполярные гетеротранзисторы. Полевые транзисторы Шоттки. Резонансно-туннельные диоды и транзисторы. Одноэлектронные приборы на основе двухбарьерных структур	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	
11 Элементы интегральной оптики	Основные задачи интегральной оптики. Микроволноводы и другие элементы интегральной оптики. Лазерные источники. Фотоника	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	

Согласована на портале № 57586

12 Акустоэлектронные устройства	Общие сведения. Устройства для обработки сигналов. Акустооптическое взаимодействие и устройства на его основе	2	ПКР-1, ОПК-1
	Итого	2	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено учебным планом

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
8 Биполярные ИС	Элементы кремниевых биполярных ИС	8	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
	Итого	8	
9 ИС на полевых транзисторах	Элементы МДП интегральных схем	4	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
	Итого	4	
12 Акустоэлектронные устройства	Полосовые фильтры на ПАВ	4	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
	Встречно-штыревой преобразователь	12	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
	Итого	16	
Итого за семестр		28	
Итого		28	

5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр		
Проектирование интегральных устройств радиоэлектроники	28	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1
Итого за семестр	28	
Итого	28	

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Малошумящий интегральный усилитель
2. Полосовой фильтр на ПАВ
3. ИС на арсениде галлия
4. Акустоэлектронное устройство
5. ИС на полевых транзисторах

5.6. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Согласована на портале № 57586

Таблица 5.6 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Введение	Написание отчета по курсовому проекту	1	ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Итого	5		
2 Подложки	Написание отчета по курсовому проекту	4	ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ОПК-1	Тестирование
	Итого	8		
3 Проводящие слои	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Итого	8		
4 Полупроводниковые слои	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Итого	8		
5 Диэлектрические слои	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Итого	8		
6 Литография	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	6	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Итого	10		

Согласована на портале № 57586

7 Модели полупроводниковых структур	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Тестирование
	Итого	8		
8 Биполярные ИС	Написание отчета по курсовому проекту	2	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Итого	9		
9 ИС на полевых транзисторах	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Итого	11		
10 ИС на GaAs	Написание отчета по курсовому проекту	2	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 57586

11 Элементы интегральной оптики	Написание отчета по курсовому проекту	2	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	2	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Итого	4		
12 Акустоэлектронные устройства	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПКР-1, ОПК-1	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Подготовка к тестированию	4	ПКР-1, ОПК-1	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Лабораторная работа
	Написание отчета по лабораторной работе	1	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Отчет по лабораторной работе
	Итого	11		
Итого за семестр		96		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		132		

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб.	
ОПК-1	+	+	+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе
ПКР-1	+	+	+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе
ПКР-3	+	+	+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой проект, Защита отчета по лабораторной работе, Лабораторная работа, Тестирование, Экзамен, Отчет по лабораторной работе

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Согласована на портале № 57586

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	5	10	10	25
Лабораторная работа	5	5	5	15
Тестирование	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе	5	5	5	15
Экзамен				30
Итого максимум за период	20	25	25	100
Нарастающим итогом	20	45	70	100

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

Формы контроля	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
6 семестр				
Отчет по курсовому проекту	30	30	40	100
Итого максимум за период	30	30	40	100
Нарастающим итогом	30	60	100	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	A (отлично)

Согласована на портале № 57586

4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	B (очень хорошо)
	75 – 84	C (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / М. Н. Романовский - 2012. 123 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1304.
2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства: Учебное пособие / М. Н. Романовский - 2012. 127 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1309.

7.2. Дополнительная литература

1. Драгунов В.П. Основы наноэлектроники: учебное пособие для вузов/ В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. - М.: Физматкнига, 2006. - 494 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 31 экз.).
2. Нанотехнологии в электронике: Монография / Н. И. Боргардт [и др.]; ред. Ю. А. Чаплыгин; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.).
3. Наноэлектроника: Учебное пособие / Ю. В. Сахаров, П. Е. Троян - 2010. 88 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/537.
4. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования: Учебное пособие / Е. Ф. Жигалова - 2016. 201 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6598.
5. Современные проблемы науки и производства в области электронной техники: Учебное пособие / П. Н. Дробот - 2011. 70 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/708.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Полосовые фильтры на ПАВ: Руководство к лабораторной работе / М. Н. Романовский - 2017. 11 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6959.
2. Проектирование фильтров на ПАВ: Руководство к практическим занятиям и самостоятельной работе / М. Н. Романовский - 2016. 21 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6604.
3. Интегральные устройства радиоэлектроники. Проектирование интегральных схем на арсениде галлия: Руководство к практическим занятиям / М. Н. Романовский, Е. В. Нефедцев - 2010. 76 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/334.
4. Интегральный усилитель: Методические указания к курсовому проекту / М. Н. Романовский - 2012. 32 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/1363.
5. Интегральные устройства радиоэлектроники. Элементы кремниевых биполярных ИС: Руководство к лабораторной работе / М. Н. Романовский - 2010. 15 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/336.
6. Интегральные устройства радиоэлектроники. Элементы МДП интегральных схем: Руководство к лабораторной работе / М. Н. Романовский, Н. С. Несмелов - 2010. 8 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/337.

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 57586

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Измерительная лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 316 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Векторный анализатор цепей ОБЗОР-103;
- Векторный импульсный анализатор цепей Р4-И-01;
- Лабораторный стенд "Функциональные узлы микроволновой техники";
- Вольтметр В6-9;
- Генератор сигналов ГСС-05 - 3 шт.;
- Генератор-частотомер FG-7020;
- Измеритель Л2-22 - 2 шт.;
- Источник питания Б5-43;
- Линейный источник питания HY3003 - 2 шт.;
- Мультиметр APPA 207;
- Осциллограф RlGOL DS 1042 C;
- Осциллограф с функцией генератора сигналов Keysight DSOX1102G - 2 шт.;
- Цифровой осциллограф DSO-3202A;
- Цифровой осциллограф GDS-806S - 4 шт.;
- Микроскоп Альтами CMO745T;
- Проектор LG RD-DX130;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Google Chrome;

Согласована на портале № 57586

- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- Microsoft Windows;
- OpenOffice;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

Лаборатория компьютерного проектирования: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы; 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 143 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Устройство генерации и обработки сигналов Analog Discovery 2 (National Instruments Edition) - 10 шт.;
- Испытательный лабораторный стенд узлов аналоговой и цифровой электроники MikroElektronika Analog System Lab Kit PRO - 10 шт.;
- Отладочная плата Arduino UNO - 15 шт.;
- Отладочная плата STM32F429I-disk - 10 шт.;
- Трехканальный линейный источник постоянного тока GPD-73303D - 10 шт.;
- Осциллограф DSOX1102G - 10 шт.;
- Лабораторный макет Basys 3 Artix-7 FPGA Trainer Board - 10 шт.;
- Проектор Acer P1385WB;
- Проекционный экран;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания

Согласована на портале № 57586

для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение	ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Подложки	ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Проводящие слои	ПКР-1, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Полупроводниковые слои	ПКР-1, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 57586

5 Диэлектрические слои	ПКР-1, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Литография	ПКР-1, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Модели полупроводниковых структур	ПКР-1, ПКР-3, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Биполярные ИС	ПКР-1, ОПК-1, ПКР-3	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 57586

9 ИС на полевых транзисторах	ПКР-1, ОПК-1, ПКР-3	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ
10 ИС на GaAs	ПКР-1, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
11 Элементы интегральной оптики	ПКР-1, ОПК-1	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
12 Акустоэлектронные устройства	ПКР-1, ОПК-1, ПКР-3	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по лабораторной работе	Темы лабораторных работ

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Согласована на портале № 57586

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков
3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

Согласована на портале № 57586

1. Под производительностью ИС понимают...
   - логический перепад
   - произведение числа транзисторов на рабочую частоту
   - фактор качества
   - отношение числа транзисторов к времени переключения
   - произведение числа транзисторов на фактор качества
2. Основным этапом проектирования ИС является…
   - составление технических требований
   - разработка электрической схемы
   - оформление документации
   - разработка топологии
   - выбор физической структуры
3. Распределенные физико-топологические модели полупроводниковых структур используются для определения...
   - профилей распределения примесей в полупроводнике
   - характеристик ИС
   - характеристик фрагментов ИС
   - параметров электрических моделей элементов
4. Функциональные модели полупроводниковых структур используются для расчета...
   - распределения примесей в полупроводнике
   - характеристик фрагментов ИС
   - концентрации носителей заряда в структурах
   - характеристик ИС
5. Для интегральных транзисторов с малыми геометрическими размерами и малыми глубинами залегания p-n переходов используются модели…
   - двумерные
   - Гуммеля — Пуна
   - секционные
   - универсальные
   - Эберса - Молла
6. Физико-топологические модели полупроводниковых структур описываются уравнениями…
   - компонентными
   - переноса
   - непрерывности
   - топологическими
   - Пуассона
7. Интерес к оптическому диапазону длин волн предопределяется…
   - малой длиной световых волн
   - передачей информации фотонами
   - высокой несущей частотой
   - применением оптических методов записи, хранения и обработки информации
8. Кристаллографические плоскости (110) и (100) в монокристалле кремния расположены под углом (в градусах)...
   - 270
   - 180
   - 0
   - 90
9. Ось роста слитка кремния, выращенного методом Чохральского, соответствует кристаллографическому направлению [111]. Пластины ориентации (111), вырезанные из этого слитка, будут иметь форму...
   - эллипса
   - прямоугольника
   - параллелограмма
   - круга
10. К содержанию пыли в технологическом помещении наименее критичен метод…
    - фотолитографии

Согласована на портале № 57586

- проекционной электронолитографии
- ионной литографии
- рентгеновской литографии.

11. Статику и динамику подвижных носителей заряда в полупроводниковых структурах определяют модели...
    - технологические
    - электрические
    - фрагментные
    - физико-топологические
12. Скорость переключения биполярных транзисторов логических ИС ограничена…
    - обратным током эмиттерного перехода
    - током коллекторного перехода
    - процессами генерации носителей заряда
    - временем рассасывания избыточного заряда, накопленного в режиме насыщения

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Основные направления твердотельной электроники
2. Сущность технологии интегральных схем
3. Типы и основные характеристики подложек интегральных схем
4. Исходные полупроводниковые материалы интегральных схем
5. Механическая обработка подложек интегральных схем
6. Виды загрязнений и очистки подложек интегральных схем
7. Жидкостная обработка и сухое травление пластин
8. Назначение и материалы проводящих слоев
9. Получение проводящих слоев физическими методами
10. Получение проводящих слоев химическими методами
11. Технология диффузии

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Зависит ли коэффициент шума от уровня шума на входе усилителя? Ответ обоснуйте
2. Какие из конструктивно-топологических параметров ПТШ наиболее сильно влияют на коэффициент шума и коэффициент усиления?
3. Почему максимуму коэффициента усиления по мощности на частотной характеристике узкополосного усилителя соответствует минимум уровня шума?
4. Почему коэффициент шума ПТШ падает с понижением температуры?
5. Как влияет на коэффициенты шума и усиления ПТШ длина n-слоя от истока до затвора?

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Малошумящий интегральный усилитель
2. Полосовой фильтр на ПАВ
3. ИС на арсениде галлия
4. Акустоэлектронное устройство
5. ИС на полевых транзисторах

9.1.5. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Что такое степень интеграции ИС?
2. Почему в некоторых ИС имеются не задействованные элементы?
3. Что такое двухстадийная диффузия?
4. Какие паразитные связи имеет диффузионный резистор?
5. В каком случае диффузионный профиль соответствует закону дополнения функции ошибок?

9.1.6. Темы лабораторных работ

1. Элементы кремниевых биполярных ИС
2. Элементы МДП интегральных схем
3. Полосовые фильтры на ПАВ

Согласована на портале № 57586

4. Встречно-штыревой преобразователь

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Согласована на портале № 57586

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

– в печатной форме;

– в печатной форме с увеличенным шрифтом;

– в форме электронного документа;

– методом чтения ассистентом задания вслух;

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;

– набор ответов на компьютере;

– набор ответов с использованием услуг ассистента;

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 57586

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры КУДР
протокол № 225 от «30» 11 2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Заведующий обеспечивающей каф. КУДР	А.Г. Лощилов	Согласовано, 55af61de-b8ed-4780-9ba6-8adedc18f4ec
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a-845d-9ce7670b004c

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КИПР	Н.Н. Кривин	Согласовано, 61bb81d6-898a-4d50-b92b-bf79399fcfac
Доцент, каф. КУДР	Е.И. Тренкаль	Согласовано, b613d4df-d0ea-4bce-897e-cfdd95ae1b46

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. КУДР	М.Н. Романовский	Разработано, 3303a29d-6ed7-4875-a340-cad1fb4472e3

Согласована на портале № 57586